

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザ加工装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光分割手段と、偏向手段と、ビーム合成手段と、加工レンズと、を備え、前記光分割手段によりレーザ光を光路が異なる複数の分割光に分割し、前記ビーム合成手段により前記分割光の光路を略同一方向に揃えて1個の前記加工レンズに入射させるようにしたレーザ加工装置において、

前記ビーム合成手段が、全反射・透過型のビーム合成手段と偏光型のビーム合成手段とから構成され、

前記全反射・透過型のビーム合成手段により2つの前記分割光の光路を略同一方向に揃えた後、前記偏光型のビーム合成手段により前記2つの分割光と他の前記分割光の光路とを略同一方向に揃えることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項2】 2つの前記分割光をそれぞれ2次元偏向手段により偏向させた後、前記全反射・透過型のビーム合成手段により光路を略同一方向に揃えると共に、前記偏光型のビーム合成手段の出射光を2次元に偏向させることを特徴とする請求項1記載のレーザ加工装置。

【請求項3】 前記偏光型のビーム合成手段の入射側に配置される2次元偏向手段と出射側に配置される2次元偏向手段との間にリレー光学系を配置することを特徴とする請求項2に記載のレーザ加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はレーザ光を用いて穴加工や切断を行うレーザ加工装置に係り、特に、レーザ光源から出射されたレーザ光を光路が異なる複数の分割光に分割した後、1個の加工レンズに入射させてそれぞれ集光し、ワーク上の異なる位置を同時に加工するようにしたレーザ加工装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

例えば、特開平11-58055号公報には、レーザ光源から出射されたレー

ザ光を光路が異なる複数の分割光に分割し、分割光毎に用意した2次元スキャニング光学系と加工レンズにより分割光をそれぞれ集光して、XYステージ上に載せたプリント基板の異なる位置に穴を加工している。

【0003】

この場合、光学的にスキャンできる領域が限られるため、先ず、共通のXYステージでプリント基板を位置決めしてある限られた領域を光学スキャニングにより加工し、その後XYステージを移動させて次の領域を加工する、という動作を加工が終了するまで繰り返す。

【0004】

しかし、この技術では、高価な加工レンズが分割光と同数必要になる。また、スキャンできる領域が限られるため、複数の分割光により同時に穴明けできるように加工領域を割り振る必要がある。しかも、加工パターンによっては加工領域の割り振りが困難である。

【0005】

そこで、特許文献1や特許文献2では、2つのスキャニング光学系を1つの加工レンズに対応させて加工速度を向上させている。この場合、加工領域の割り振りが不要になるので、作業性を向上させることができた。

【0006】

【特許文献1】

特開平11-314188号公報

【0007】

【特許文献2】

特開2000-190087号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、2つの光学的スキャニング手段を加工レンズに対して最適位置に置くことができないため、加工ビームがプリント基板の表面に対して垂直からかなりずれた角度で入射し、加工された穴の軸線が傾くという問題がある。さらに、3つ以上のビームを一つの加工レンズに入射させ、加工速度をより一層向上させる

と共に装置の低価格化を図る方法については言及されていない。

【0 0 0 9】

本発明の目的は、上記従来技術における課題を解決し、1個の加工レンズに3つ以上の分割光を入射させることにより、高速加工が可能で、かつ、加工品質（加工穴の形状、大きさ、精度及び真直度）に優れるレーザ加工装置を提供するにある。

【0 0 1 0】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため、本発明は、光分割手段と、偏向手段と、ビーム合成手段と、加工レンズと、を備え、前記光分割手段によりレーザ光を光路が異なる複数の分割光に分割し、前記ビーム合成手段により前記分割光の光路を略同一方向に揃えて1個の前記加工レンズに入射させるようにしたレーザ加工装置において、前記ビーム合成手段を、全反射・透過型のビーム合成手段と偏光型のビーム合成手段とから構成し、前記全反射・透過型のビーム合成手段により2つの前記分割光の光路を略同一方向に揃えた後、前記偏光型のビーム合成手段により前記2つの分割光と他の前記分割光の光路とを略同一方向に揃える、ことを特徴とする。

【0 0 1 1】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を図示の実施形態に基づいて説明する。

【0 0 1 2】

図1は本発明の実施形態に係るレーザ加工機の構成図、図2は本発明の実施形態に係る全反射・透過型のビーム合成手段の構成図である。

【0 0 1 3】

始めに、全反射・透過型のビーム合成手段について説明する。なお、この実施形態では、構造が同じ全反射・透過型のビーム合成手段を3個採用している。

【0 0 1 4】

図2に示すように、全反射・透過型のビーム合成手段31（31a～31c）は、三角プリズム81と三角プリズム82とから構成されている。三角プリズム

8 1と三角プリズム8 2は、一定の距離を隔てて斜面8 3と斜面8 4が対向するようにして配置されている。光が通過する斜面8 3、8 4および面8 5、8 6には反射防止コーティングが施されている。

【0015】

同図に示すように、面8 5から入射し斜面8 3に対する入射角がプリズムの屈折率で決まる臨界角 θ_0 より大きい入射光L 1は斜面8 3で反射され、反射光L 1 1として図の下方に進む。また、面8 5から入射し斜面8 3に対する入射角が臨界角 θ_0 より小さい入射光L 2は斜面8 3、8 4および面8 6を透過し、透過光L 2 1として直進する。

【0016】

一方、透過光L 2 1の光路を逆に進み面8 6から入射する光は三角プリズム8 1と三角プリズム8 2を透過して入射光L 2の光路を逆に進み、反射光L 1 1の光路を逆に進み面8 7から入射する光は斜面8 3で反射されて入射光L 1の光路を逆に進む。なお、斜面8 3、8 4に施こした反射コーティングにより斜面8 3、8 4を透過した光のエネルギーと全反射された光のエネルギーはほぼ同じになる。

【0017】

このように、全反射・透過型のビーム合成手段3 1は、一方向から入射する光を略直角な二方向に出射させることもできるし、略直角な二方向から入射する光を一方向に出射させることもできる。以下、ビーム合成手段3 1により、一方向から入射する光を略直角な二方向に出射させる場合を「選別型で使用する」といい、略直角な二方向から入射する光を一方向に出射させる場合を「合成型で使用する」という。

【0018】

次に、図1により、本発明に係るレーザ加工機の構成要素について説明する。

【0019】

レーザ発振器1の光路上には、1／2波長板2と、音響光学偏向器（以下、「AOM」と言う。）3、4と、1／2波長板6 1と、ビーム合成手段3 1 a、3 1 bと、加工光学系6、8と、が配置されている。

【0020】

レーザ発振器1は偏光面（電界ベクトルの振動方向）が紙面と平行な直線偏光をパルス発振する。1/2波長板2, 61は、入射したレーザ光の偏光面を90度回転させ、出射するレーザ光の偏光面をそれぞれ紙面に対して垂直、平行にする。

【0021】

AOM3は、オンの場合、紙面に垂直な偏光面をもつ入射ビームを紙面内で微小な角度上方向に偏向させ、オフの場合、入射ビームを透過させる。AOM4は、オンの場合、紙面に垂直な偏光面をもつ入射ビームを紙面内で微小な角度下方向に偏向させ、オフの場合、入射ビームを透過させる。

【0022】

ビーム合成手段31aは選別型で使用され、AOM3とAOM4がオフの場合は入射ビームを透過させてビーム合成手段31bに導き、AOM3がオフでAOM4がオンの場合は入射ビームを反射し、ミラー7を介して後述する加工光学系8に導く。

【0023】

ビーム合成手段31bは選別型で使用され、図示のようにビーム合成手段31aに対して裏返しの位置関係に設置されている。そして、AOM3とAOM4がオフの場合は入射ビームを透過させ、AOM3がオンでAOM4がオフの場合は入射ビームを反射し、ミラー102を介して入射ビームを加工光学系6に導く。

【0024】

次に、加工光学系6について説明する。

【0025】

ミラー102で反射されるレーザ光の光路上には、開口11、ビーム分割手段（以下「BS」という）12、BS13、1/2波長板62、ミラー33、ミラー35、ミラー34、レンズ36、ミラー38、レンズ37、ダミー素子39、偏光ビームスプリッタ32、1/4波長板40、ミラー42、ミラー41、加工レンズ45、加工対象46が配置されている。

【0026】

BS12の反射側には、ミラー15、ミラー14、レンズ18、レンズ19、

ビーム合成手段31cが配置されている。

【0027】

BS13の反射側には、ミラー25、ミラー24、レンズ28、ミラー30、レンズ29が配置されている。

【0028】

開口11はレーザ光の外径を加工に適した大きさに整形する。BS12は、入射ビームを1:2の割合で反射・透過させる。BS13は、入射ビームを1:1の割合で反射・透過させる。従って、BS12の反射光強度と、BS13の反射光及び透過光の強度は互いに等しい。すなわち、開口11を通過したレーザ光はBS12、13により強度が等しいビームに3分割される。以下、BS12により反射されたレーザ光を「ビームA」と、BS13により反射されたレーザ光を「ビームB」と、BS13を透過したレーザ光を「ビームC」と、いう。

【0029】

ビームAの光路上に配置されたミラー14は、モータ16により、紙面内横方向を軸として任意の角度回転可能である。また、ミラー15は、モータ17により、紙面内縦方向を軸として任意の角度回転可能である。ミラー14、15およびモータ16、17により、2次元偏向手段51を構成している。

【0030】

レンズ18とレンズ19の焦点距離は同じであり、焦点距離の2倍隔てて設置され、リレー光学系53を構成している。リレー光学系53は、レンズ18の外側の焦点がミラー14とミラー15を結ぶ光路の略中心に、レンズ19の外側の焦点がミラー41とミラー42を結ぶ光路の略中心に、それぞれ一致するように位置決めされている。この結果、2次元偏向手段51はリレー光学系53によって2次元偏向手段56の位置（加工レンズ45の前焦点の位置付近）に結像される。

【0031】

ビーム合成手段31cは、合成型で使用され、図の左方から入射するビームAを透過させ、図の下方から入射するビームBを図の右方に反射するように位置決めされている。

【0032】

ビームBの光路上に配置されたミラー25は、モータ27により、紙面内縦方向を軸として任意の角度回転可能であり、ミラー24は、モータ26により、紙面内横方向を軸として任意の角度回転可能である。ミラー25、24およびモータ26、27により、2次元偏向手段52を構成している。

【0033】

レンズ28とレンズ29の焦点距離は同じであり、焦点距離の2倍隔てて設置され、リレー光学系54を構成している。リレー光学系54は、レンズ28の外側の焦点がミラー24とミラー25を結ぶ光路の略中心に、レンズ29の外側の焦点がミラー41とミラー42を結ぶ光路の略中心に、それぞれ一致するように位置決めされている。この結果、2次元偏向手段52はリレー光学系54によって2次元偏向手段56の位置（すなわち加工レンズ45の前焦点の位置付近）に結像される。

【0034】

ビームCの光路上に配置されたレンズ36とレンズ37の焦点距離は同じであり、ミラー38を介して焦点距離の2倍隔てて設置され、リレー光学系55を構成している。ダミー素子39は、ビーム合成手段31cと同じ材質かつ同一形状に形成されている。なお、リレー光学系55とダミー素子39は、ビームCの開口11から後述する加工レンズ45までの光学的な距離をビームA、Bの光学的な距離と等しくすることを主な目的として設置されている。

【0035】

偏光ビームスプリッタ32は、図の下方から入射するビームC（紙面に平行な偏光面を持つレーザ光）は透過させ、図の左方から入射するビームA、B（紙面と垂直な偏光面を持つレーザ光）は反射する。

【0036】

1/4波長板40は、直線偏光を円偏光に変換する。

【0037】

ミラー41は、モータ43により、紙面内横方向を軸として任意の角度回転可能であり、ミラー42は、モータ44により、紙面内縦方向を軸として任意の角

度回転可能である。ミラー41、42およびモータ43、44により、2次元偏向手段56を構成している。

【0038】

加工対象46は、XYステージ47に載置されている。

【0039】

なお、加工光学系8は構成要素を図示していないが、加工光学系6と同じ構成要素が加工光学系6の構成要素と対称に配置されている。

【0040】

次に、光学系6の動作を説明する。

【0041】

ビームAは2次元偏向手段51により2次元的な偏向を受けた後、リレー光学系53を介してビーム合成手段31cに入射し、ビーム合成手段31cを透過した後、偏光ビームスプリッタ32に入射する。

【0042】

また、ビームBは、2次元偏向手段52により2次元的な偏向を受けた後、リレー光学系54を介してビーム合成手段31cに入射し、ビーム合成手段31cにより反射された後、偏光ビームスプリッタ32に入射する。

【0043】

すなわち、2次元偏向手段51によりビームAの偏向量を適切に定めると、ビームAはビーム合成手段31cを透過し、ミラー30の角度および2次元偏向手段52によりビームBの偏向量を適切に定めると、ビームBは全反射される。この結果、ビームAとビームBの光路を略同じ方向に合わせる（合成する）ことができる。

【0044】

一方、ビームCは、1/2波長板62、ミラー33、ミラー35、ミラー34、レンズ36、ミラー38、レンズ37、ダミー素子39を介して偏光ビームスプリッタ32に入射する。

【0045】

ビームAの振動面は2次元偏向手段51（ミラー15とミラー14）により、

ビームBの振動面は2次元偏向手段52（ミラー25とミラー24）により、また、ビームCの振動面はミラー35とミラー34により、それぞれ偏向される際に90度回転している。したがって、ビームAとビームBは偏光ビームスプリッタ32により反射され、ビームCは偏光ビームスプリッタ32を透過する。この結果、ビームA、ビームBおよびビームCの光路を略同一方向に合わせる（合成する）ことができる。

【0046】

これらのビームを1/4波長板40で円偏光に変換した後、2次元偏向手段56で偏向し、加工レンズ45に入射させるので、加工対象物46の所望の3箇所を同時に加工することができる。

【0047】

ここで、ビーム合成手段31cの動作原理から、ビームAとビームBの進行方向が一致することはない。一方、ビームCの進行方向はビームAまたはビームBの進行方向と一致させることができる。したがって、図3に示すように、ビームAまたはビームBによる加工領域91、92とビームCによる加工領域93が重複するように設定することができる。

【0048】

この実施形態では、2次元偏向手段51、52の像を、リレー光学系53、54により、加工レンズ45の前焦点付近に結像させるので、ビームAとビームBを加工対象46に対してほぼ垂直に入射させることができる。したがって、穴の真直度および形状精度を向上させることができる。

【0049】

また、入射角と偏光の違いを利用して分割光を合成するので、分割光のエネルギーロスが発生しない。

【0050】

また、加工レンズ45に入射させる光を円偏光としたので、加工対象46の加工性が偏光方向に依存する場合でも、加工する穴の真円度を向上させることができる。

【0051】

また、リレー光学系 5 5 とダミー素子 3 9 を設けたので、ビーム A、B とビーム C のエネルギーがほぼ等しく、加工品質が均一になる。

【0 0 5 2】

さらに、AOM 3、4 およびビーム合成手段 3 1 a、3 1 b を設けたので、これらによりレーザ発振器 1 から出力されたレーザ光を時分割して加工光学系 6、8 に割り振ることができる。すなわち、例えば加工対象 4 6 に穴明けする場合、まず加工光学系 6 で穴明け加工を行うと共に、その間に加工光学系 8 の加工位置決めを行っておく。そして加工光学系 6 の加工終了と同時に、レーザ光を加工光学系 8 に供給して加工を直ちに開始する。そして、加工光学系 8 により加工をしている間に加工光学系 6 の加工位置決めを行う。この動作を交互に繰り返すことにより、分割光の加工位置決め時間を最小限に抑えることができる。

【0 0 5 3】

なお、この実施形態では、ビーム A による加工領域 9 1 とビーム C による加工位置 9 3 が重なるようにしたが、加工パターンによっては、図 4 に示すように、ビーム A とビーム B による加工領域 9 1、9 2 とビーム 3 による加工位置 9 3 が重ならないように設定することにより、加工速度を早くすることができる。

【0 0 5 4】

また、ミラー 3 4、3 5 を固定としたが、それぞれをモータにより回転可能として 2 次元スキャナを構成すると、図 5 に示すように、ビーム A とビーム B による加工領域 9 1、9 2 とビーム C による加工領域 9 3 を重複するように設定することもできる。このようにすると、重複領域を広くすることができるので、種々の加工パターンに対して高速加工が可能になる。

【0 0 5 5】

さらに、各ビームによる加工領域の配置は、全反射・透過型ビーム合成手段 3 1 や偏光ビームスプリッタ 3 2 の特性および加工パターンによって、種々に組み合わせることができる。

【0 0 5 6】

また、開口 1 1 の通過光を BS 1 2、1 3 を用いて 3 分割したが、BS 1 2、1 3 に代えて回折光学素子（HOE など）を用いることができる。

【0057】

また、1/2波長板2、61、62に代えて、ファラデー素子や水晶旋光子等の旋光子（偏光面を回転させる素子）を用いることができる。

【0058】

なお、加工レンズ45の加工領域内に1個又は2個の穴をあける場合には、例えば、2次元偏向手段51、52のミラーを大きく回転させそれ以降の光学系へ光が供給されないようにすることで対処できる。

【0059】

さらに、本発明によれば、入射角による全反射・透過特性を利用することにより、同じ偏光面を持つ光でもほぼ重ね合わせることができるので、ビームCをさらに2分割し、それぞれを2次的に微小スキャンさせた後、偏光ビームスプリッタ32により、ビームA、ビームBと重ね合わせることにもできる。このようにすると、4ビームをほぼ重ね合わせて加工レンズ45に入射させることができるので、4点を同時に加工することができる。

【0060】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、3本以上のレーザビームを1つの加工レンズに入射させることができるので、加工能率を向上させることができる。また、リレー光学系によりレーザ光がワークに対して垂直に入射するので、加工精度が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係るレーザ加工機の構成図である。

【図2】

本発明に係る全反射・透過型のビーム合成手段の構成図である。

【図3】

本発明に係る加工領域の配置例である。

【図4】

本発明に係る加工領域の他の配置例である。

【図5】

本発明に係る加工領域のさらに他の配置例である。

【符号の説明】

31c 全反射・透過型のビーム合成手段

32 偏光型のビーム合成手段

45 加工レンズ

81, 82 三角プリズム

A ビーム（分割光）

B ビーム（分割光）

C ビーム（分割光）

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 1個の加工レンズに3つ以上の分割光を入射させることにより、高速加工が可能で、かつ、加工品質（加工穴の形状、大きさ、精度及び真直度）に優れるレーザ加工装置を提供すること。

【解決手段】 入射角の違いを利用する全反射・透過型のビーム合成手段31cにより、偏光方向が同じビームAの光路とビームBの光路とを略同一方向に揃えた後、偏光型のビーム合成手段32により、ビームAおよびビームBの光路と、これらと偏光方向が異なるビームCの光路とを略同一方向に揃えて、加工レンズ45に入射させる。

【選択図】 図1